

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-116146

(P2003-116146A)

(43) 公開日 平成15年4月18日 (2003. 4. 18)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	デマコト* (参考)
H 0 4 N	9/07	H 0 4 N	9/07
	9/64		9/64
	9/68		9/68
	9/79		9/79
			C 5 C 0 5 5
			R 5 C 0 6 5
			A 5 C 0 6 6
			G

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2002-213318 (P2002-213318)

(22) 出願日 平成14年7月23日 (2002. 7. 23)

(31) 優先権主張番号 0 9 / 9 2 8 , 1 8 7

(32) 優先日 平成13年8月10日 (2001. 8. 10)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 399117121

アジレント・テクノロジーズ・インク
AGILENT TECHNOLOGIE
S, INC.

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ページ・ミル・ロード 395
395 Page Mill Road P
alo Alto, California
U. S. A.

(74) 代理人 100081721

弁理士 岡田 次生 (外2名)

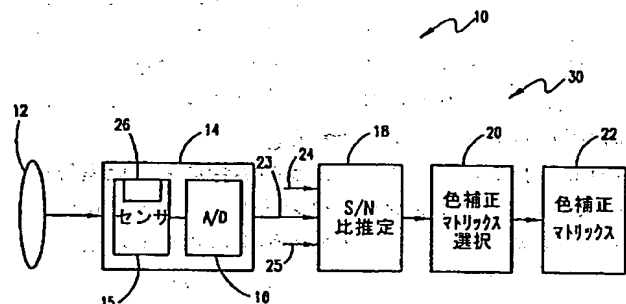
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 デジタル・カメラにおける画質向上のための方法

(57) 【要約】

【課題】 ある広い信号レベル範囲にわたって、デジタル・カメラのようなデジタル画像形成装置の画質を向上させるための方法を提供する。

【解決手段】 デジタル画像信号を生成するステップと、色補正器を選択して、デジタル画像信号を補正するステップが含まれる。色補正器は、少なくとも部分的に、デジタル画像信号の S/N 比に基づいて選択される。本発明のある実施態様によれば、デジタル画像信号には、画像センシング装置 (14) からの出力が含まれ、S/N 比推定装置 (18) が、出力デジタル画像信号の平均 S/N 比の推定値を計算する。色補正マトリックス (22) とすることが可能な色補正器は、推定された平均 S/N 比に基づいて選択される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 デジタル画像形成装置における画質向上のための方法であって、
デジタル画像信号を発生するステップと、
少なくとも部分的に、デジタル画像信号の S/N 比に基づいて色補正器を選択するステップが含まれている方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、一般に、画像信号 10
処理分野に関するものであり、とりわけ、生画像センサ出力の S/N 比に従って色飽和度を調整することによって、デジタル・カメラにおける画質を向上させるための方法及び装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 デジタル・ビデオまたはスチール・カメラのようなデジタル・カメラの場合、カメラの画像センシング装置に集束した物体からの光は、表示、伝送、または、記憶に適した物体の電子出力画像に変換される。画像センシング装置によって、それに集束した光 20
パターンが、電圧サンプル・アレイに変換され、これが、デジタル信号に変換されることになる。次に、デジタル信号は、デジタル画像処理プロセッサによる処理を受け、電子出力画像が描画される。デジタル画像プロセッサは、一般に、例えば、カラー・モザイク・サンプルからの画像再構成、白色点調整、色補正、ノイズ・フィルタリング、トーン・マッピング、及び、画像圧縮を含む、いくつかの異なる画像処理段を実施する。

【0003】 デジタル・カメラの場合、デジタル画像処理プロセッサは、色補正マトリックスを利用して、 30
色補正を行う。大部分のデジタル・スチール・カメラでは、色補正マトリックスが、あらかじめ決定されるが、通常は、良好な照明条件下において最も好ましい色再現が得られるように選択される。

【0004】 デジタル・カメラの場合にも、低信号レベルにおいて、画像センシング装置の出力の S/N 比が低下し、結果としてノイズのある画像が生じることになり、色補正を施すと、 S/N 比はさらに劣化して、さらにノイズの多い画像が生じることになる。

【0005】 既知のデジタル・カメラにおいて用いられた色補正マトリックスは、通常、 S/N 比を犠牲にすれば、色質にとって最適である。これらのカメラの中には、色補正マトリックスが、画像のノイズを増幅することによって S/N 比を低下させるものもあり、一方、低信号レベルにおいて、モノクロ操作にスイッチすることによって、ノイズ増幅を回避するものもある。従って、大部分の既知のデジタル・カメラでは、低信号レベルで生成される画像は、色彩豊かで、ノイズが多いか、無色で、ノイズの少ないものになる。

【0006】 米国特許第5、446、504号には、デ 50

ジタル・カメラにおける信号レベルの関数として色飽和度を変化させるための方法及び装置が記載されている。この特許の図2には、完全な飽和度からゼロ飽和度、すなわち、モノクロまでの全範囲にわたって、色飽和度を変化させるために利用可能な回路が例示されている。この特許に記載の方法の場合、色飽和度は、輝度レベルの関数として変化させられ、シーンの暗領域で低下する。

【0007】 米国特許第5、446、504号に記載のような方法は、いくつかの理由から完全に満足のいくものではない。まず、この特許の方法では、輝度信号が、色補正マトリックスの選択を制御するが、この方法は、相対的輝度信号レベルにしか効果的に作用しない。従って、この特許の方法では、相対的輝度信号に応じて、色補正マトリックスを画像全体にわたって変更しなければならない。また、上述のように、電子出力画像は、低信号レベルにおいて、ノイズが多いか、または、無色になりがちである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、広範囲の信号レベルにわたって有効に色補正することが可能な色補正マトリックスを備える、デジタル・カメラのようなデジタル画像形成装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明によれば、ある広い信号レベル範囲にわたって、デジタル・カメラのようなデジタル画像形成装置の画質を向上させるための方法及び装置が得られる。本発明による画質向上方法には、デジタル画像信号を生成するステップと、色補正器を選択して、デジタル画像信号を補正するステップが含まれる。色補正器は、少なくとも部分的に、デジタル画像信号の S/N 比に基づいて選択される。

【0010】 本発明の過程で、デジタル・カメラのようなデジタル画像形成装置において、デジタル画像信号の S/N 比に関する情報を利用して、デジタル画像信号の色補正を行うことにより、広いデジタル画像信号レベル範囲にわたって、画質の最適化が可能であることが発見された。

【0011】 本発明のある実施態様によれば、デジタル画像信号には、画像センシング装置からの出力が含まれ、 S/N 比推定装置が、出力デジタル画像信号の平均 S/N 比の推定値を計算する。色補正マトリックスとすることが可能な色補正器は、推定された平均 S/N 比に基づいて選択される。

【0012】 本発明のもう1つの実施態様によれば、平均 S/N 比の推定値は、画像センシング装置のノイズの先験的モデルに基づいて、画像センシング装置の出力の平均レベル、画像センシング装置の動作パラメータ、及び、画像センシング装置の特性から計算される。次に、適合する色補正器が、計算された平均 S/N 比の推定値

に基づいて選択される。

【0013】本発明のもう1つの実施態様によれば、実験的モデルには、画像センシング装置の利得段の前後における電子ノイズ源、及び、光子のショット・ノイズが含まれている。所望の場合には、実験的モデルに、暗電流のような他のノイズ源を含むことも可能である。

【0014】前述のように、既知のデジタル・カメラは、相対的輝度信号レベルに基づいて色補正マトリックスを選択する。輝度信号の増幅度は、不明であり、画像センシング装置の特性及び動作条件は不明である。従っ

て、既知のカメラでは、輝度レベルからデジタル画像信号のS/N比を求めることができない。

【0015】一方、本発明のある実施態様によれば、動作パラメータを利用して、絶対輝度信号レベルが求められ、画像センシング装置の絶対信号レベル及び特性からS/N比が求められる。本発明の場合、平均信号レベルを利用して、平均S/N比が計算されるので、画像全体にわたって色補正器を変更する必要はなく、単一選択色補正器を利用して、画像全体を補正することが可能である。結果として、デジタル画像の画質を信号値の広範囲にわたって最適化することが可能である。

【0016】本発明のもう1つの実施態様によれば、ルックアップ・テーブルを利用して、色補正器の選択を実施することができるし、あるいは、解析公式を利用して、2つの極値間を補間することによって、色補正器を決定することも可能である。

【0017】本発明の実施態様によれば、画像センシング装置には、CMOS（相補形金属酸化膜半導体）画像センサまたはCCD画像センサが含まれ、画像形成装置には、デジタル・ビデオまたはスチール・カメラが含まれる。さらに、本発明によれば、上述のものに加えて、あるいは、その代わりに、他の特徴及び利点を備えた実施態様を得られる。これらの特徴及び利点の多くは、本発明の典型的な実施態様に関する下記の図面及び詳細な説明に関連して、今後明らかになる。

【0018】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の典型的な実施態様によるデジタル画像形成装置の概略を例示したブロック図である。デジタル画像形成装置は、全体が参照番号10で表示されており、例えば、電子ビデオ・カメラまたは電子スチール・カメラのようなデジタル・カメラを含んでいる。

【0019】図1に示すように、デジタル画像形成装置には、物体から光を受けて、画像センシング装置14に集束させる、レンズとして表された光学系12が含まれている。画像センシング装置14には、それに集束せられた光パターンを変換して、その光パターンを表したアナログ電圧サンプル・アレイにする画像センサ15と、アナログ電圧サンプル・アレイをデジタル画像信号に変換するアナログ・デジタル変換器16が含まれ

ている。図1には独立したコンポーネントとして例示されているが、A/D変換器16は、画像センサ15に組み込むことが可能である。画像センサ15には、CMOS（相補形金属酸化膜半導体）画像センサまたはCCD（電荷結合素子）画像センサが含まれていることが望ましいが、もちろん、本発明を任意の特定タイプの画像センサに制限することを意図したものではない。

【0020】画像センシング装置14から出力された、図1の矢印23によって表示されたデジタル画像信号は、全体が参照番号30によって表示されたデジタル画像処理プロセッサによって受信される。デジタル画像処理プロセッサ30は、デジタル画像信号を処理して、物体を表した電子出力画像を描画する働きをする。要するに、デジタル画像形成装置10は、その画像センシング装置に集束した光を変換して、表示、伝送、または、記憶に適した形式の電子出力画像が得られるようにする。

【0021】デジタル画像処理プロセッサ30は、一般に、例えば、カラー・モザイク・サンプルからの画像再構成、白色点調整、色補正、ノイズ・フィルタリング、トーン・マッピング、及び、画像圧縮を含む、いくつかの異なる画像処理段を実施する。本発明は、主として、色補正処理段を対象とするものであり、色補正を実施するため、デジタル画像処理プロセッサには、図1のボックス22によって概略が例示された色補正マトリックスが含まれている。

【0022】前述のように、大部分のデジタル・カメラでは、色補正マトリックスが、前もって決定され、通常、良好な照明条件下において最も好ましい色再現が得られるように選択される。大部分の既知のデジタル・カメラに用いられている色補正マトリックスは、S/N比を犠牲にして、色の質を最適化するように選択されている。選択されたマトリックスは、画像ノイズを増幅するか、または、低信号レベルにおいて、モノクロ操作にスイッチすることによって、S/N比を低下させる。これらのアプローチでは、結果として、低信号レベルにおいて、色彩豊かで、ノイズが多いか、無色で、ノイズの少ない画像を生じることになる。

【0023】しかし、デジタル・カメラのようなデジタル画像形成装置において、画像センシング装置14の出力画像信号のS/N比に関する情報を考慮した色補正マトリックスを選択することにより、広い信号レベル範囲にわたって、画質の最適化が可能であることが発見された。

【0024】すなわち、図1をさらに参照すると、適切な色補正マトリックス22を選択するため、デジタル画像処理プロセッサ30には、S/N比推定装置18（SNR推定装置）及び色補正マトリックス・セクタ20が含まれている。一般に、SNR推定器は、23で例示の画像センシング装置から出力される生画像信号の

平均値、24で例示の画像センシング装置の動作パラメータ、及び、25で例示の画像センシング装置の特性からデジタル画像信号の平均S/N比の推定値を計算する働きをする。次に、計算された平均S/N比の推定値を利用して、デジタル画像信号の色を補正するのに適した色補正マトリックスが選択される。

【0025】さらに詳述すると、SNR推定装置は、画像センシング装置のノイズの先験的モデルに基づいて、画像センシング装置から出力される生出力信号の平均レベル、画像センシング装置の動作パラメータ、及び、画像センシング装置の特性から平均S/N比の推定値を計算する。望ましい実施態様の場合、例えば、先験的モデルには、画像センシング装置の利得段前後における電子ノイズ源、さらには、光子のショット・ノイズが含まれている。所望の場合には、モデルに、例えば、暗電流を含む他のノイズ源を使用することも可能である。

【0026】S/N比を計算するための公式は：

$$\{SNR\} = (\{S\} / G) / (\sqrt{\{k\} \{S\} / G + N1 + N2 / G})$$

この式において、{S}は、画像センシング装置の出力の平均信号レベルであり、「G」は、画像センシング装置の動作パラメータの1つである増幅器利得である。モデルに暗電流が含まれる場合、画像センシング装置の他の2つの動作パラメータ、すなわち、露光期間及び温度が必要になる。「k」、「N1」、及び、「N2」は、メーカの仕様書、または、画像センシング装置の性能に関する個別測定から求めることが可能な画像センシング装置の特性である。これらの測定には、例えば、さまざまな利得設定における、照明がない場合の、ノイズ出力のテストを含むことが可能である。「k」は、画像センシング装置の変換利得（ピクセル電圧対集電された電荷量の比）である。「N1」は、画像センシング装置の可変増幅段の前において加えられる電子ノイズであり、

「N2」は、画像センシング装置の可変増幅段の後で加えられる電子ノイズである。この公式の平方根項では、光子のショット・ノイズの寄与が推定される。

【0027】色補正マトリックス・セクタ20は、SNR推定装置18によって推定されるS/N比の平均値に基づいて色補正マトリックスを選択する。本発明の典型的な実施態様では、ルックアップ・テーブルを用いて、その選択が実施される。図2には、適合するルックアップ・テーブル50が例示されている。

【0028】ルックアップ・テーブルに掲載された色補正マトリックスは、S/N比の関数として、色飽和度に対する観測者の嗜好の研究に基づいて選択される。あるいはまた、解析公式を利用して、2つの極値間を補間することによって、色補正マトリックスを決定することも可能である。こうした解析公式の一例は、次の通りである：

$$CC = a * CC_LowSat + (1 - a) * CC_H$$

ighSat

ここで、

$$a = 1 / (1 + SNR / SNR_0)$$

この公式において、CCは、色補正マトリックスである。CC_LowSat及びCC_HighSatは、それぞれ、低色飽和度及び高色飽和度の2つの極端な場合の色補正マトリックスである。SNRは、推定SNRであり、SNR_0は、あるSNRしきい値である。この公式によれば、極値間の線形補間が施される。ここで、「*」は乗算を表す。

【0029】CMOS画像センサ15の場合、画像センサに、デジタル画像信号の特性に関する情報を抽出するために必要な論理を含むことが可能である。CCD画像センサ15の場合、画像センサのアナログ・フロント・エンド・チップに論理を含むことが可能である。いずれの画像センサの場合にも、信号特性情報の抽出は、デジタル画像処理プロセッサ30の内部で実施可能である。

【0030】画像センシング装置における主たるノイズ源は、低信号レベルでは、信号レベルと無関係である。従って、低信号値では、S/N比に関する情報は、画像センシング装置によって出力されるデジタル画像の信号レベルから推測することが可能である。

【0031】3原色システムの場合、色補正すなわち色変換は、一般に負の要素を含む3×3色補正マトリックスによって実施される。負の要素によって、変換空間における信号レベルが低下する。しかし、生センサのカラー・チャネルのノイズ処理が無相関であるため、ノイズ成分は低減しない。ノイズ項は、パワーを増し、信号項は、パワーを減じる。

【0032】この効果は、理想のCMY（シアン、マゼンタ、黄）から理想のRGB（赤、緑、青）への変換において観測することが可能である。C=B+G、M=B+R、及び、Y=R+Gであると仮定する。CMYからRGBへの対応する変換マトリックスは、次の通りである：

【数1】

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = 0.5 * \begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix}$$

【0033】また、入力チャネルが、全て、信号レベル「S」及びノイズ・レベル「N」を備えており、ノイズ処理が無相関であると仮定する。表示空間に結果生じる信号レベルは、0.5*Sであり、一方、ノイズ・レベルは、0.5*√(3)*Nである。従って、S/N比は、1/√(3)に低減された。

【0034】あるいはまた、マトリックス係数を調整して、カラーの代わりに、モノクロへの変換を実施することも可能である。この場合、カラー変換マトリックス

は、ただ単に次のようになるだけである：

【数 2】

$$\begin{bmatrix} |R| \\ |G| \\ |B| \end{bmatrix} = 0.33 \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} |x1| \\ |x2| \\ |x3| \end{bmatrix}$$

【0035】このマトリックスでは、信号項は、そのまま増すが、ノイズ項は、パワーだけを増す。出力 S/N 比は、 $\sqrt{3}$ 倍に高くなる。

【0036】色飽和度は、上述の 2 つの変換マトリックス間において線形補間を施すことによって、フル・カラーとモノクロの間のどこからでも変化させることが可能である。電子出力画像の S/N 比は、センサ出力信号の S/N 比の $1/\sqrt{3}$ から $\sqrt{3}$ 倍まで変化させることが可能である。芳しくない照明条件下では、センサ出力信号の S/N 比が低いと、色飽和度の低い色補正マトリックスを選択して、電子出力画像の S/N 比を最高にすることが可能である。良好な照明条件下では、色飽和度の高い色補正マトリックスを選択して、電子出力画像の色彩の豊かさを最高にすることが可能である。一般に、色補正マトリックスは、事前の実験に基づいて、各信号レベル毎に知覚的画質が最良になるように選択すべきである。

【0037】図 3 は、本発明のもう 1 つの実施態様に従ってデジタル画像形成装置の画質を向上させる方法のステップの概略を例示したフローチャートである。この方法では、ステップ 100 において、物体からの光が、まず、デジタル画像形成装置の光学系によって集められ、画像センシング装置に集束させられる。ステップ 102 において、画像センシング装置は、それに集束せられた画像パターンをアナログ電圧サンプルのアレイに変換し、ステップ 104 において、アナログ電圧サンプルは、画像センシング装置のデジタル画像信号に変換される。デジタル画像信号は、デジタル画像処理プロセッサによって受信され、ステップ 106 において、その信号の S/N 比が求められる。ステップ 108 において、求められた S/N 比に基づいて、適切な色補正マトリックスが選択される。次に、ステップ 110 において、デジタル画像処理プロセッサは、色補正された電子出力画像を出力する。

【0038】上記記述は、本発明の典型的な実施態様に相当するが、認識しておくべきは、本発明は、その範囲を逸脱することなく、さまざまな変更を加えることが可能であるということである。従って、認識しておくべきは、本発明は、特許請求の範囲によって必要とされる範囲に限って限定されるべきであるという点である。

【0039】本発明の態様を以下に例示する。

【0040】1. デジタル画像形成装置における画質向上のための方法であって、デジタル画像信号を発生するステップと、少なくとも部分的に、デジタル画像

信号の S/N 比に基づいて色補正器を選択するステップが含まれている方法。

【0041】2. 前記 S/N 比はデジタル画像信号の平均 S/N 比の推定値からなる上記 1 に記載の方法。

【0042】3. 前記平均デジタル画像信号が、画像センシング装置から出力されることと、前記 S/N 比が、画像センシング装置のノイズに関する先験的モデルに基づいて、前記画像センシング装置の平均出力信号レベル、前記画像センシング装置の少なくとも 1 つの動作パラメータ、及び、前記画像センシング装置の少なくとも 1 つの特性に基づいて推定される上記 2 に記載の方法。

【0043】4. 前記モデルに、少なくとも 1 つの電子ノイズ源が含まれる上記 3 に記載の方法。

【0044】5. 前記少なくとも 1 つの電子ノイズ源に、前記画像センシング装置の利得段前後の電子ノイズ源が含まれる上記 4 に記載の方法。

【0045】6. 前記モデルに、暗電流ノイズ源が含まれる上記 3 に記載の方法。

【0046】7. 前記モデルに、光子のショット・ノイズが含まれる上記 3 に記載の方法。

【0047】8. 前記少なくとも 1 つのセンサ動作パラメータに、前記画像センシング装置の増幅器の利得が含まれる上記 3 に記載の方法。

【0048】9. 前記少なくとも 1 つの動作パラメータに、露光期間及び温度が含まれる上記 3 に記載の方法。

【0049】10. デジタル画像処理装置であって、デジタル画像信号を発生するための画像センシング装置と、デジタル画像信号を処理して、電子出力画像を送り出すためのデジタル画像信号プロセッサが含まれており、前記デジタル画像信号プロセッサに、少なくとも部分的に、前記デジタル画像信号の S/N 比に基づいて、前記電子出力画像のカラーを補正するために、色補正器を選択する色補正器セレクトが含まれる装置。

【0050】11. 前記 S/N 比は、前記デジタル画像信号の平均 S/N 比からなる上記 10 に記載の装置。

【0051】12. 前記デジタル画像プロセッサに、前記デジタル画像信号の S/N 比を判定する S/N 比推定装置が含まれることと、前記 S/N 比推定装置に、デジタル画像信号の平均レベル、前記画像センシング装置の少なくとも 1 つの動作パラメータ、及び、前記画像センシング装置の少なくとも 1 つの特性を求めるための手段が含まれることと、前記 S/N 比推定装置が、デジタル画像信号の前記平均レベル、前記少なくとも 1 つの動作パラメータ、及び、前記少なくとも 1 つの特性に基づいて、デジタル画像信号の前記平均 S/N 比の推定値を計算する上記 11 に記載の装置。

【0052】13. 前記画像センシング装置に CMOS 画像センサが含まれる上記 10 に記載の装置。

【0053】14. 前記画像センシング装置に CCD 画

像センサが含まれる上記 10 に記載の装置。

【0054】15. 前記デジタル画像形成装置に、デジタル・カメラが含まれる上記 10 に記載の装置。

【0055】16. 前記色補正器に、色補正マトリックスが含まれることと、前記色補正器セレクトに、色補正マトリックス・セレクトが含まれる上記 10 に記載の装置。

【0056】17. 前記画像センシング装置に、それに集束した画像パターンを電圧サンプル・アレイに変換するための画像センサと、前記電圧サンプル・アレイを前記デジタル画像信号に変換するためのアナログ・デジタル変換器が含まれる上記 10 に記載の装置。

【0057】18. 前記アナログ・デジタル変換器が、前記画像センサに組み込まれている上記 17 に記載の装置。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の典型的な実施態様によるデジタル画像形成装置の概略を例示したブロック図である。

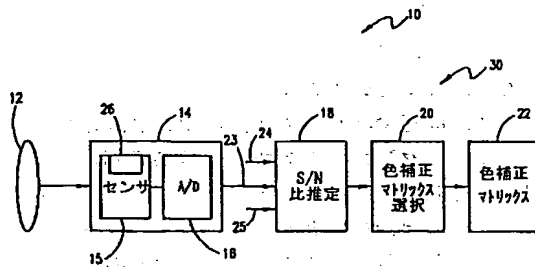
【図 2】本発明のもう 1 つの実施態様による図 1 のデジタル画像形成装置の色補正マトリックスの選択を実施するために利用可能なルックアップ・テーブルの図である。

【図 3】本発明のもう 1 つの実施態様によるデジタル画像形成装置の画質を向上させる方法のステップを例示したフローチャートである。

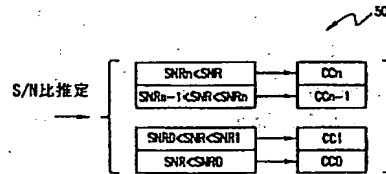
【符号の説明】

- 14 画像センシング装置
- 18 S/N 比推定装置
- 20 色補正マトリックス・セレクト
- 22 色補正マトリックス

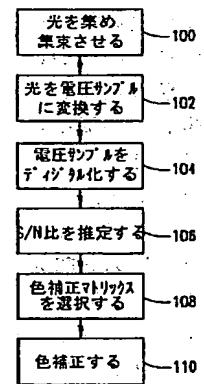
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(72) 発明者 リチャード・エル・バー
アメリカ合衆国 94024 カリフォルニア州
ロス・アルトス、コロニアル・オークス・ド
ライヴ 1280

Fターム(参考) 5C055 BA06 EA05 EA06 HA37
5C065 AA01 AA03 BB04 CC01 CC08
DD02 DD15 EE06 EE07
5C066 AA01 CA09 EA05 EA13 GA01
GB03 HA03